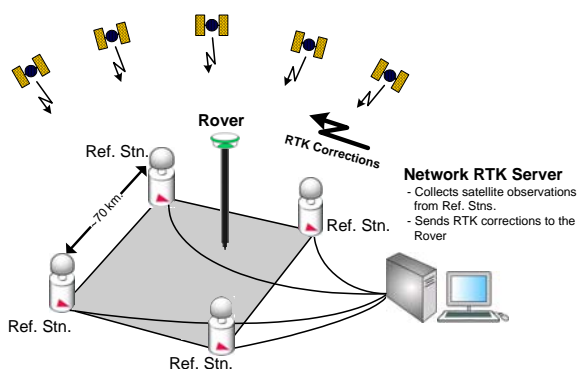


RTK-NÄTVERK – OLIKA METODER

Det här nyhetsbrevet fokuserar på att utvärdera fyra olika nätverks-RTK metoder: MAX, i-MAX, YKP och VRS. Det finns viktiga skillnader mellan dessa metoder och därför erhålls olika kvalitet på RTK-lösningarna.

nRTK-serverns roll är att samla satellitobservationer från många basstationer och sända RTK-korrekationer till en rover (fig.1)



Figur 1: nRTK-serverns roll

En leverantör av nRTK-tjänster som säljer användarabonnemang, sköter nRTK-servern. Denne leverantör väljer den nRTK-metod som servern ska tillhandahålla. Det valet kommer därför alltid att påverka den kvalitet på RTK-lösning som kan uppnås av rovern.

Det här nyhetsbrevet pekar ut MAX, baserat på den enda standard för nätverksRTK, RTCM V3.1, Master Auxilliary Concept – MAC, som den bästa tillgängliga nRTK metod på marknaden idag och förklarar varför en användare ska kräva MAX-korrekationer från sin nRTK-leverantör.

Nästa nyhetsbrev kommer att analysera verkliga data för att visa att en användare med kombinationen MAX och SmartRTK, släppt i Leica SmartWorx version 5.5, september 2007, har den bästa RTK-lösningen som marknaden kan erbjuda.

HUR UTVÄRDERAR MAN EN nRTK-METOD?

När en nRTK-server har tagit emot alla basstationsobservationer reducerar den dem till en så kallad "common ambiguity level" (ungefär "gemensam osäkerhetsnivå"). Uträkningsmetoderna [Algoritmerna] för detta är specifika för den nRTK-mjukvara som används, t.ex **Leica GNSS Spider**.

När den gemensamma nivån har hittats, använder mjukvaran en nRTK metod, t.ex MAX för att producera RTK-korrekationer för rovern.

Alla nRTK-metoder har fördelen att de minskar de avståndsberoende felen, vilket gör att de tillåter längre baslinjer mellan basstationerna och rovern. Skillnaden består i hur de olika metoderna uppnår detta.

För att kunna utvärdera de olika nRTK-metoderna behöver vi definiera en del kriterier.

STANDARDISERADE METODER

nRTK-metoder kan kategoriseras som standardiserade eller icke-standardiserade.

I en standardiserad metod använder servermjukvaran internationellt standardiserade beräkningsalgoritmer för att skapa nRTK korrekationer. Dessa algoritmer har publicerats och är tillgängliga för allmänheten, vilket ger god tillförlitlighet och transparens för alla användare.

En standardiserad metod innebär att all information som skickas till rovern, oavsett märke, följer klart och tydligt definierade internationella standarder.

I en icke-standardiserad metod använder däremot servermjukvaran opublicerade algoritmer för att generera nRTK korrekationer.

ROVERKONTROLLERAD NÄTVERKSLÖSNING

Målet med nRTK är att minska de avståndsberoende felen i RTK-lösningen – att optimera lös-

ningen och att förbättra initialiseringstiden vid långa avstånd mellan rover och basstation.

Beroende på metod kontrollerar antingen servern eller rovern beräkningarna av nätverkslösningen för att minska de avståndsberoende felen.

En roverkontrollerad nätverkslösning uppnås när rovern kan kontrollera vilka basstationer som används i lösningen, hur många basstationer och vilken strategi som används för att minska de avståndsberoende felen.

Fördelen med en roverkontrollerad nätverkslösning är att rovern kontinuerligt kan utvärdera kvaliteten på sin RTK-lösning och övervaka effektiviteten på de avståndsberoende felkorrektioner den beräknar. Om rovern fastställer att RTK-lösningen inte längre är optimal, exempelvis beroende på skiftande atmosfärsförhållanden, kan rovern snabbt fatta ett beslut och byta till en annorlunda strategi och beräkna en nätverkslösning som är bättre anpassad och därigenom upprätthålla initialisering och optimal RTK-lösning.

När servern kontrollerar nätverkslösningen, används typiskt samma strategi för alla rovrar – vilket är optimalt för nätverket, men inte den enskilde användaren/rovern. Servern kan ju inte veta hur väl resultatet fungerar för respektive användare. Om därför nätverkslösningen inte är anpassad för rovern kan det mycket väl vara så att RTK-lösningen inte är optimerad och därför erhålls inte den snabbaste initialiseringen.

För att försäkra sig om snabb initialisering och en optimerad RTK-lösning är det alltså **rovern som bör kontrollera RTK-lösningen.**

MAXIMERAT ANVÄNDANDE AV SATELLITDATA

nRTK-serverar samlar satellitdata från alla basstationer och skapar RTK korrektioner att skicka till rovern. Det hindrar inte att en del metoder inte utnyttjar dessa data fullt ut. data. Under vissa förutsättningar kan detta vara skillnaden mellan att erhålla en RTK-lösning och inte.

Ta till exempel en mätare som i fält tar emot data från 8 satelliter vid rovern. De förutsätter att därför att rovern ska initialisera snabbt. Problemet är bara att en av basstationerna som används för att skapa RTK-korrektioner inte har mer än 5 satelliter gemensamma med rovern. I det här fallet kan vissa nRTK-metoder bara skapa RTK-korrektioner för de 5 gemensamma satelliterna, eller ta bort en basstation från lösningen och därmed försvaga lösningen. Rovern kan därför inte ta emot tillräckligt med data för att initialisera snabbt och mätaren blir ståendes väntande ute i fält.

Mätaren kan ha marknadens bästa rovermottagare, men begränsas i sin användning av de RTK-korrektioner den tar emot. Det är ungefär som att köpa den senaste HD-teven för att kolla på sina gamla VHS-kassetter.

För att maximera roverns möjlighet att beräkna en RTK-lösning behöver nRTK metoden **maximera användningen av all tillgänglig satellitdata.**

SPÅRBARHET OCH REPETERBARHET

Spårbarhet är en vanlig mätprincip som tillämpas av många av världens mät- och kontrollinstitut. Det innebär typiskt att det finns juridiska krav på att alla mätningar ska kunna relateras till fysiska installationer. Dessa mätningar ska också kunna kontrollmätas direkt.

Till exempel ska en enkel baslinje (dX, dY, dZ) mellan en basstation och en mätmarkering kunna mätas om. En förutsättning för detta är en fysisk installation, t ex. en markpinne, spik, gränsrör, råsten etc. vilket gör att mätningen är spårbar.

Härav följer att alla baslinjer som genereras från ett nRTK ska vara **spårbara** och **repeaterbara**.

MÄTKONSEKVENNS

Med singel-RTK avtar positionsriktigheten med avståndet från basstationen. Med nRTK minskar den effekten. Positionen och dess riktighet borde därför vara mer oföränderlig, homogen under en mätning. God mätsed för GNSS-mätning, som

satellitillgänglighet och DOP-värden gäller också för nRTK.

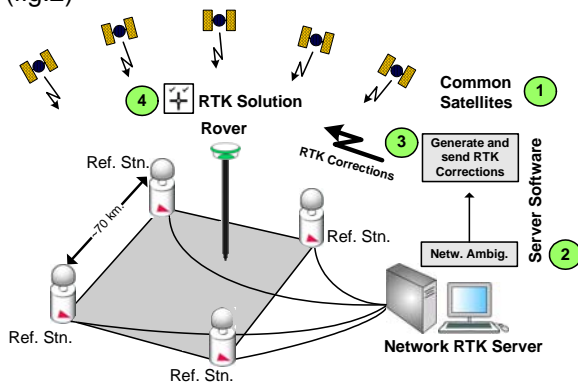
En användare vill inte att positionen och noggrannheten för en mätpunkt ska fladdra runt. Positioner och noggrannheter i ett nRTK bör därför vara **fasta** och **konsekventa**.

Låt oss fokusera en stund på förhållandet mellan nRTK-servern och rovern innan vi går in djupare på detaljerna för de olika metoderna för nRTK. Det förhållande utgör den huvudsakliga skillnaden mellan de olika nRTK-metoderna.

FÖRHÅLLET MELLAN NÄTVERK OCH ROVER

Varför är detta förhållande viktigt? Håll de fem ovanstående kriterierna i minnet när Du läser igenom det här nyhetsbrevet.

Som hjälp för att beskriva varför förhållandet är viktigt så definierar vi fyra grundläggande delar (fig.2)



Figur 2: Fyra grundläggande delar i relationen mellan server och rover i nätverks-RTK

1. **Gemensamma satellitobservationer:** Rovern och nätverksservern (genom basstationerna) observerar en uppsättning gemensamma satelliter.
2. **Lösen av nätverkstvetydigheter (ambiguities):** Genom en lämplig algoritm löser nätverksservern tvetydigheterna i nätverket och reducerar satellitdata till denna gemensamma tvetydighet.
3. **Skapande av RTK-korrekationer:** Servern skapar och sänder RTK-korrekationer till rovern, antingen som

standard eller icke-standard (tvetydig/ambiguous)

4. **RTK-lösning:** Rovern använder RTK-korrektionerna för att beräkna en RTK-lösning.

VARFÖR ÄR DESSA FYRA DELAR VIKTIGA?

Dessa fyra delar är viktiga eftersom de hjälper oss att förstå hur de olika metoderna skiljer sig och, vilket är viktigare, hur det hjälper oss att utvärdera dem.

RTK-lösningen är den viktigaste delen för användaren. Användaren vill att lösningen skall vara tillförlitlig, riktig, konsekvent, spårbar och repeterbar.

Roverns mål är att svara mot alla dessa kriterier som användaren har. Om rovern kan nå detta mål eller ej beror på **RTK-korrektionerna** den får från servern, vilket i sin tur beror på metoden som servern använder.

De gemensamma satelliterna definierar vilket dataset som är tillgängligt. Som tidigare beskrivits kan mängden av data i RTK-korrektionerna betyda skillnaden mellan att få en RTK-lösning och inte.

PRESENTATION AV DE FYRA OLIKA METODERNA

MAX metoden

Utsändning av Master Auxiliary korrekationer (MAX) baseras på Master Auxiliary konceptet (MAC) som föreslogs av Leica och Geo++ år 2001. (Euler m. fl. 2001)

i-MAX metoden

Individualiserad MAX (i-MAX) utvecklades samtidigt som MAX för att stödja äldre mottagare som kan hantera MAX korrekationer.

FKP metoden

Metoden med Yt-korrektparametrar (FKP) är den äldsta nRTK-metoden och utvecklades av Geo++ i mitten av 1990-talet.

Virtuell ReferensStations metoden

Virtuella referensstationsmetoden utvecklades av Terrasat i slutet av 1990-talet och är jämförbar med i-MAX.

I-MAX OCH VIRTUELL REFERENS

METODEN

Det två metoderna i-MAX och Virtuell Referens-Station liknar varandra. Båda räknas som individualiserade metoder som kräver att rovern sänder en ungefärlig position till servern. Förhållandet mellan server och rover för i-MAX och VRS visas i figur 3 och 4.

Icke-standardiserade metoder

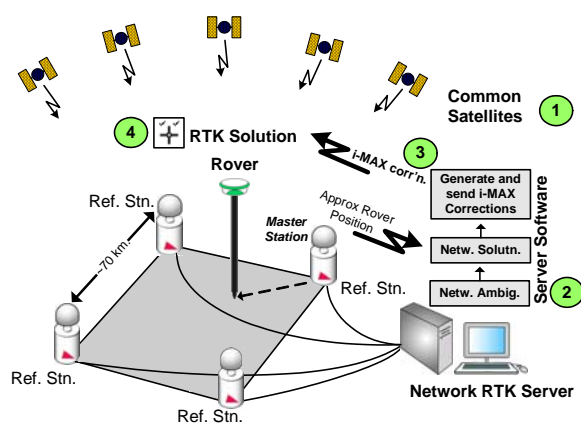
Båda metoderna använder opublicerade algoritmer för att skapa nRTK-korrekationer och är därför icke-standardiserade.

Serverkontrollerad nätverklösning

I båda metoderna beräknar servern lösningarna för att minska de avståndsberoende felen. Det betyder att nätverklösningen inte är optimerad för rovers position och därför möjligen begränsande för RTK-lösningen.

Användande av all satellitdata INTE maximerad

Båda metoderna skapar RTK-korrekationer som simulerar en enskild RTK-basstation. Det begränsar tillgängliga satellitdata för rovern, vilket riskerar att omöjliggöra en RTK-lösning under vissa förhållanden.



Figur 3: Relationen mellan server och rover vid användning av metod i-MAX

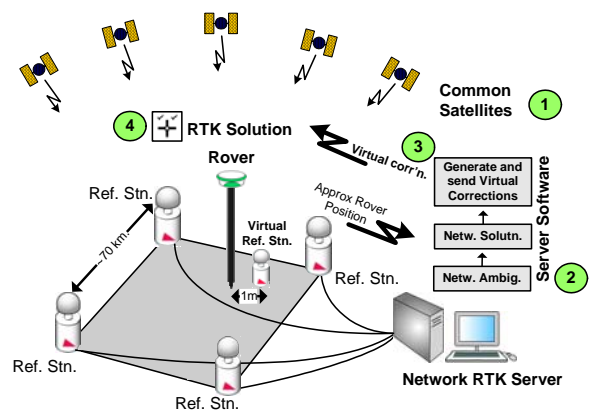


Figure 4: Relationen mellan server och rover vid användning av metoden Virtual Reference Station (VRS)

SKILLNAD

i-MAX och VRS-metoderna liknar varandra, men är inte identiska. Den avgörande skillnaden är att i-MAX skapar korrekationer för en *verklig* basstation istället för en *virtuell* basstation.

Spårbarhet och repeterbarhet

i-MAX-korrekationer relaterar till en huvudstation (Master). Det medför att baslinjen mellan huvudstationen och den mätta punkten alltid kan kontrolleras direkt. Mätningarna är därför både spår- och repeterbara (fig 3).

Med VRS-metoden tar inte rovern emot några data som hänför sig till någon verklig referensstation. Det betyder att baslinjen mellan VRS:en och den mätta punkten *inte* kan kontrolleras direkt. Detta strider mot grundläggande mätprinciper om spårbarhet och repeterbarhet (fig 4).

Konsekvens

VRS-korrekationer är optimerade för rovers position vid RTK-uppkopplingens början. Om rovern flyttas en längre sträcka vid samma uppkoppling är det tänkbart att korrektionerna inte är tillräckliga för den nya positionen. (Landau m.fl, 2003).

För att lösa detta kan användaren koppla ned och påbörja en ny uppkoppling för att skapa en ny VRS, eller så gör servern det automatiskt. Oavsett vilket kan skapandet av nya referensstationer ge hopp i positioner och riktighetsvärden. Användaren kan därför få inkonsekventa positioner och riktighetsvärden under mätningen.

Nyhetsbrev – mars 2008

RTK Nätverk – olika metoder

i-MAX-korrekktionerna uppdateras dynamiskt för att följa rovers rörelser. Dessutom relateras i-MAX-korrekktionerna till en verklig basstation, Master-stationen. Detta innebär att positionerna och riktighetsvärdena är konsekventa under mätningen.

YTKORREKTIONSPARAMETRAR (FKP)

METODEN

FKP-metoden är en utsändningsmetod och kräver inte att RTK-rovern skickar in sin aktuella position till den centrala servern. Servern modellerar istället de avståndsberoende felen och skickar RTK-data från en basstation i nätverket till rovern, tillsammans med modellen (Wübbena m.fl, 2001)

FKP-metoden skapar ytkorrekktionsparametrar som representeras av enkla plan (öst-väst och nord-syd gradienter) som är giltiga för ett begränsat område runt en enskild basstation.

Förhållandet mellan server och rover för FKP-metoden visas i figur 5.

Icke-standardiserad metod

Metoden använder opublicerade algoritmer för att skapa nRTK-korrrektioner och är därför icke-standardiserad.

Serverkontrollerad nätverklösning

I den här metoden beräknar servern nätverklösningar (ytkorrekktionsparametrar) för att minska de avståndsberoende felen. Det medför att nätverklösningen inte är optimerad för rovers position och kan därför vara begränsande för RTK-lösningen.

Korrekktionsparametrarna som beräknas av servern baseras typiskt på antagandet att de avståndsberoende felen ändras linjärt mellan basstationer. Interpolationsfel kommer därför att uppstå vid rovern om de verkliga felen är icke-linjära. Det kan medföra dålig lösningskvalitet eller problem med lösning av periodobekanta.

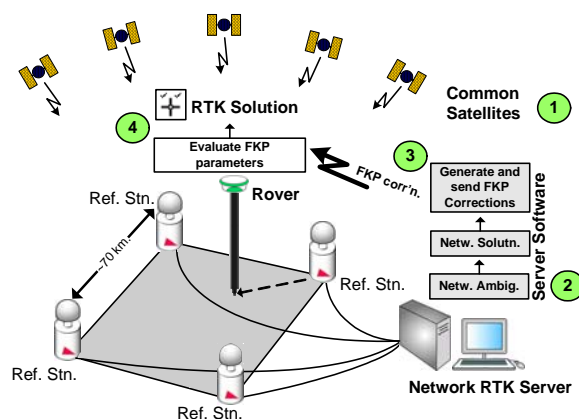


Figure 5: Relationen mellan server och rover vid användning av FKP-metoden

Maximalt användande av all satellitdata?

FKP-metoden skickar alla data från en basstation, men ytkorrekktionsparametrarna har samma begränsningar som VRS och i-MAX. Eftersom metoden är icke-standardiserad kan vi inte vara säkra på om FKP-metoden maximerar användandet av all satellitdata eller ej.

Spårbar och Repeterbar

RTK-korrekktionerna hänförs till en verklig referensstation och är därför spårbara och repeterbara (Fig 5).

Mätkonsekvens

Rovern utvärderar ytkorrekktionsparametrarna vid sin aktuella position för att skapa korrekktioner. Genom att kombinera dessa korrekktioner med RTK-data från en av basstationerna är RTK-lösningarna konsekvent beräknade – under förutsättning att rovern inte rör sig långt från referensstationen som ytkorrekktionsparametrarna härstammar från.

MAX KORREKTIONER

METODEN

I **Master Auxiliary** konceptet sänder nRTK-servern fullständiga rådata och koordinatinformation från en enskild basstation, Masterstationen. Från övriga basstationer i nätverket, alla eller en lämplig undergrupp, som benämns **Xtra** stationer sänds periodlösta observationer och koordinat-skillnader i förhållande till Masterstationens.

Förhållandet mellan server och rover visas i figur 6.

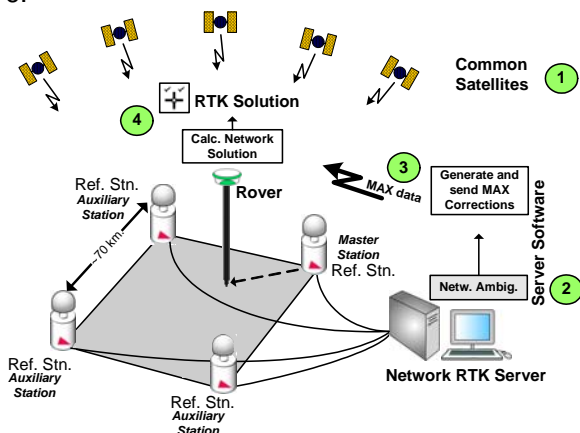


Figure 6: Relationen mellan server och rover vid användning av MAX-metoden

Standardiserad metod

MAX använder publicerade algoritmer för att skapa och sända nRTK korrektioner och är därför en standardiserad metod. I tillägg är data alltid spårbara till en verklig basstation.

RTCM specialkommitté 104 har erkänt detta genom att göra MAX den enda officiella standarden för nRTK genom att föra in det i RTCM 3.1 standarddokument.

Roverkontrollerad nätverkslösning

MAX-konceptet ger rovern flexibilitet att antingen göra en enkel interpolation av nRTK-korrektioner som FKP, eller mer avancerade beräkningar som exempelvis beräkna multipla baslinjer från Xtra basstationerna. Det medför att rovern kan övervaka RTK-lösningen och ändra beräkningarna under gång för att optimera RTK-lösningen. Det är en avsevärd fördel jämfört med FKP och andra metoder.

Maximalt användande av all satellitdata

Med dessa MAX-data kan rovern rekonstruera periodlösta data från alla basstationer och därigenom maximalt utnyttja **all** satellitdata för att beräkna bästa möjliga RTK-lösning.

Mätkonsekvens

Rovern har möjlighet att anpassa sig till rådande atmosfärförhållanden genom att använda ett lämpligt antal basstationer exempelvis för att modellera storskalig atmosfärsaktivitet. Det med-

för att rovern kan försäkra att RTK-lösningen i positioner och riktighet är konsekvent under ett helt mätförlopp.

Spårbarhet och repeterbarhet

MAX korrektioner gör det möjligt för rovern att mäta en baslinje mot Masterstationen – en verklig basstation. Därför är mätningarna spårbara och repeterbara (Figur 6).

SUMMERING AV UTVÄRDERINGEN AV FYRA RTK METODER

	Minimala längdberoende fel	Spårbarhet och repeterbarhet	Konsekvent data	Max användning av all satellitdata	Standardiserade metoder	Roverkontrollerad nätverkslösning
VRS	✓	x	x	x	x	x
i-MAX	✓	✓	✓	x	x	x
FKP	✓	✓	✓	?	x	x
MAX	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabell 1: Summering av de fyra olika metoderna för nRTK

Tabell 1 visar en summering av utvärderingen av fyra nRTK metoder i förhållande till de tidigare nämnda kriterierna.

MAX är den enda metoden som svarar mot alla kriterier en användare behöver för att erhålla bästa möjliga RTK-lösning. Det är därför en användare bör kräva MAX-korrektioner från sin nRTK leverantör.

Din Leica GPS1200 mottagare kommer alltid att ge Dig bästa möjliga prestanda inom de fundamentala begränsningar som ges av respektive metod VRS, FKP och i-MAX. (Se Lantmäteriet 2007:1 för VRS) Men du kommer alltid att få bättre ännu prestanda med MAX.

NÄSTA NYHETSRESEN

Nästa nyhetsbrev i serien beskriver och diskuterar några fall där olika nRTK-metoder används.

Nyhetsbrev – mars 2008

RTK Nätverk – olika metoder

Den berör frågor om riktighet, repeterbarhet och tillförlitlighet.

KOM IHÅG

- MAX är den enda internationellt standardiserade nRTK-metoden.
- MAX är den enda metod som ger rovern kontrollen över beräkningen av avståndsberoende fel, vilket innebär att rovern kan anpassa sina beräkningar på det sätt den bedömer vara nödvändigt (lokala yttre förhållanden).
- MAX är den mest avancerade metoden som använder hela nätverksinformationen.
- MAX använder bara observationer från verkliga referensstationer (spårbarhet och repeterbarhet).
- MAX ger konsekventa resultat.
- i-MAX är den bästa individuella nRTK-metoden.
- i-MAX är framtaget för äldre mottagare som inte stödjer MAX.
- i-MAX, VRS och FKP metoderna följer inte RTCM:s industristandardformat, eftersom meddelandena innehåller modell- och inte rådata, vilket specificeras av RTCM.
- Din Leica GPS1200 mottagare kommer alltid att ge Dig bästa möjliga prestanda inom de fundamentala begränsningar som ges av respektive metod (VRS, FKP och i-MAX). Men du kommer alltid att få ännu bättre prestanda med MAX.

Litteratur:

Euler H.-J., Keenan R., Zebhauser B., Wübbena G. (2001) Study of a Simplified Approach in Utilizing Information from Permanent Reference

Station Arrays. Proc. ION GPS 2001, Sept. 2001, Salt Lake City, USA
(www.leica-geosystems/downloads/)

Landau H., Vollath U., Chen X. (2003) Virtual Reference Stations versus Broadcast Solutions in Network RTK - Advantages and Limitations. Proc. GNSS 2003, April 2003, Graz, Austria

Wübbena G., Bagge A., Schmitz M. (2001) Network-Based Techniques for RTK Applications. Proc. GPS JIN 2001, GPS Society, Japan Institute of Navigation, Nov. 2001, Tokyo, Japan